

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-022592

(43)Date of publication of application : 23.01.2002

(51)Int.Cl.

G01M 3/26

G01K 1/14

G01L 7/00

G01L 19/00

(21)Application number : 2000-206431

(71)Applicant : COSMO INSTRUMENTS CO LTD

(22)Date of filing : 07.07.2000

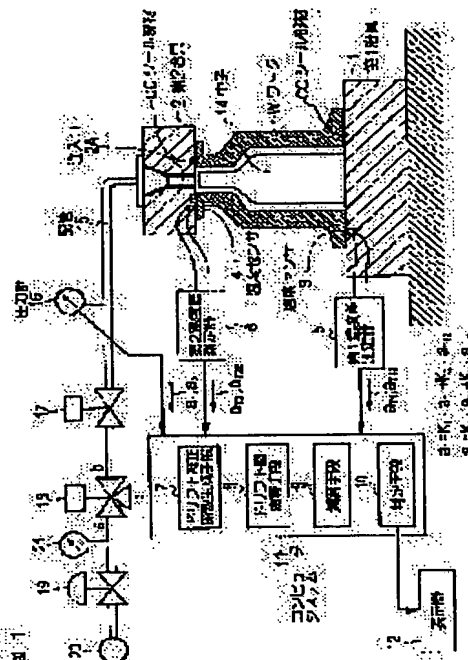
(72)Inventor : FURUSE AKIO

## (54) METHOD FOR GENERATING DRIFT CORRECTION FACTOR FOR LEAK TEST METHOD FOR CALCULATING DRIFT CORRECTION VALUE IN LEAK TEST AND LEAK TEST APPARATUS

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a drift correcting method capable of performing accurate drift correction at all times even if the temperature of a workpiece varies greatly.

**SOLUTION:** A temperature sensor is provided for measuring a first temperature difference between a first jig 1 and an article to be tested and a second temperature difference between a second jig and the article to be tested, and, using an article to be tested which has no leaks, a drift value of a gas pressure applied to the subject of inspection is measured while the first and second temperature differences are different. Drift correction factors K1 and K2 which correspond respectively to the first and second temperature differences are calculated from the drift value and a drift correction value is calculated using the drift correction factors.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

22.05.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

24.12.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-22592

(P 2 0 0 2 - 2 2 5 9 2 A)

(43)公開日 平成14年 1 月 23 日 (2002.1.23)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコード (参考)
G01M 3/26		G01M 3/26	K 2F055
G01K 1/14		G01K 1/14	L 2F056
G01L 7/00		G01L 7/00	Z 2G067
19/00		19/00	B

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全12頁)

(21)出願番号 特願2000-206431 (P 2000-206431)

(22)出願日 平成12年 7 月 7 日 (2000.7.7)

(71)出願人 000130178

株式会社コスモ計器

東京都八王子市石川町2974番地23

(72)発明者 古瀬 昭男

東京都八王子市石川町2974番地23 株式会  
社コスモ計器内

(74)代理人 100066153

弁理士 草野 卓 (外 1 名)

Fターム(参考) 2F055 AA11 BB20 CC60 DD20 EE40

FF02 FF11 FF28 HH06

2F056 CL06

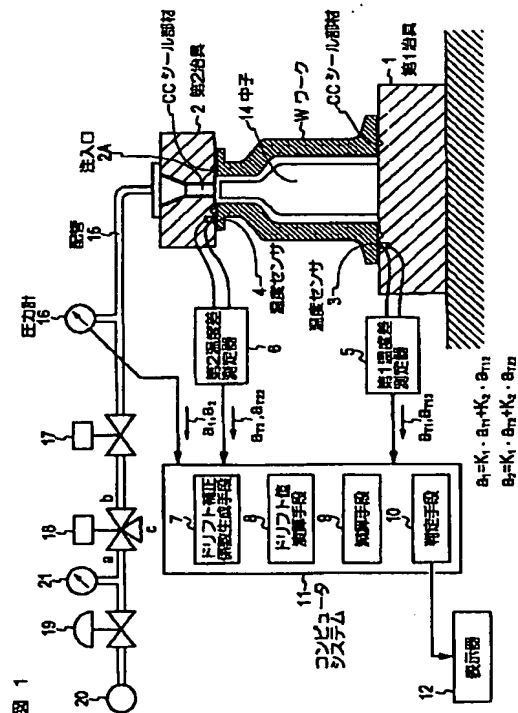
2G067 BB31 DD02 DD08 EE10

(54)【発明の名称】 洩れ検査用ドリフト補正係数生成方法・洩れ検査におけるドリフト補正值算出方法・洩れ検査装置

(57)【要約】

【課題】 ワークの温度が大きく変動しても常に正しいドリフト補正を行うことができるドリフト補正方法を提案する。

【解決手段】 第1治具1と被検査体との間の第1温度差、第2治具と被検査体との間の第2温度差を測定する温度センサを設け、洩れの無い被検査体を用いて第1温度差及び第2温度差が異なる状態のそれぞれにおいて、被検査体に印加した気体圧のドリフト値を測定し、そのドリフト値から第1温度差および第2温度差のそれぞれに対応するドリフト補正係数 $K_1$ 、 $K_2$ を求め、このドリフト補正係数によりドリフト補正值を算出するドリフト補正方法。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】第 1 治具及び第 2 治具によって被検査体を挟み付け被検査体の開口部を閉塞し、被検査に気体圧を密封し、この気体圧の変化を計測して被検査体に洩れがあるか否かを検査する洩れ検査装置において、

上記第 1 治具と被検査体との間の第 1 温度差及び第 2 治具と被検査体との間の第 2 温度差を測定する温度センサを設け、洩れのない被検査体を用いて上記第 1 温度差及び第 2 温度差が異なる状態のそれぞれにおいて上記被検査体に印加した気体圧のドリフト値を測定し、そのドリフト値から上記第 1 温度差及び第 2 温度差のそれぞれに対応するドリフト補正係数  $K_1$ 、 $K_2$  を求めることを特徴とする洩れ検査用ドリフト補正係数生成方法。

【請求項 2】被検査体に洩れがあるか否かを検査する場合は上記被検査体と第 1 治具及び被検査体と第 2 治具間の各第 1 温度差及び第 2 温度差を各被検査体毎に測定し、この測定された第 1 温度差及び第 2 温度差に上記ドリフト補正係数を乗算して各検査時におけるドリフト補正值  $Tax$  を求めることを特徴とする洩れ検査におけるドリフト補正值算出方法。

【請求項 3】A、被検査体の開口部を閉塞する第 1 治具と、

B、被検査体の開口部を閉塞し、被検査体に気体圧を印加する気体供給管を接続する第 2 治具と、

C、上記第 1 治具と被検査体との間及び第 2 治具と被検査体との間の第 1 温度差  $a_{111}$  及び第 2 温度差  $a_{211}$  を測定する温度測定手段と、

D、この温度測定手段で測定した第 1 温度差  $a_{111}$  及び第 2 温度差  $a_{211}$  のそれぞれにドリフト補正係数  $K_1$ 、 $K_2$  を乗算し、ドリフト補正值  $Tax = a_{111} \cdot K_1 + a_{211} \cdot K_2$  を算出する演算手段と、

E、上記被検査体に密封した気体の圧力変化を測定する圧力変化測定手段と、

F、この圧力変化測定手段が測定した圧力変化値から上記ドリフト補正值  $Tax$  を減算し、その差の値を算出する減算手段と、

G、この減算手段の減算結果が所定値より大きいかな否かを比較し、大きい場合を洩れ有り、小さい場合を洩れ無しと判定する判定手段と、

によって構成したことを特徴とする洩れ検査装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は各種の容器等の洩れの有無を検査する洩れ検査に用いる洩れ検査用ドリフト補正係数生成方法・洩れ検査におけるドリフト補正值算出方法・これらの方法を利用して動作する洩れ検査装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】洩れ検査装置では被検査体に加圧した空気を封入し、その空気圧の変化を測定して洩れの有無を

判定している。然しながら、空気は被検査体の温度、或いは被検査体に接触する治具等の温度の影響を受け、洩れが無いのに洩れの有るような圧力変動（これをドリフトと称している）を来し、洩れの有無の判定を難しいものとしている。

【0003】このため、本出願人は従来より各種の洩れ検査装置及びこの洩れ検査装置のドリフト補正に関して種々の提案（例えば特願平 11-242660 号）を行ってきた。過去において提案したドリフト補正方法はドリフトの発生原因を被検査体に加圧して印加した気体の温度変化（加圧・印加時の断熱変化等）が主な発生原因と見て、被検査体に印加した空気の圧力変化からドリフト補正係数を導き出す手法を採っていた。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来より提案しているドリフト補正方法によれば校正モードにおいてドリフト補正係数を求めた条件の範囲内に限れば適性にドリフト補正がはたらくのであるが、その条件範囲から外れると、正しくドリフト補正が行われなくなる欠点がある。つまり、環境の変化に対して安定に動作するドリフト補正方法が未だに確立されていないのが現状である。

【0005】この発明の目的は環境の変化に対して安定してドリフト補正を行うことができる洩れ検査用ドリフト補正係数生成方法・洩れ検査におけるドリフト補正值算出方法・これらの方法を利用して動作する洩れ検査装置を提案するものである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】この発明では洩れ検査装置において、熱エネルギーの移動量をもっとも大きい部分は被検査体と、この被検査体の開口部分を密封するための治具との間であることを突き止め、この部分の温度差を測定し、この温度差がある場合とない場合にどれ程のドリフト量が発生するかを予め測定し、この測定値からドリフト補正係数を求めるドリフト補正係数生成方法を提案するものである。

【0007】つまり、この発明の請求項 1 では第 1 治具及び第 2 治具によって被検査体を挟み付け被検査体の開口部を閉塞し、被検査に気体圧を印加し、この気体圧の変化を計測して被検査体に洩れがあるか否かを検査する洩れ検査装置において、第 1 治具と被検査体との間の第 1 温度差及び第 2 治具と被検査体との間の第 2 温度差を測定する温度測定手段を設け、洩れのない被検査体を用いて第 1 温度差及び第 2 温度差が異なる状態のそれぞれにおいて被検査体に印加した気体圧の温度ドリフト値を測定し、そのドリフト値から第 1 温度差及び第 2 温度差のそれぞれに対応したドリフト補正係数  $K_1$ 、 $K_2$  を求めることを特徴とした洩れ検査用ドリフト補正係数生成方法を提案する。

【0008】この発明の請求項 2 では、被検査体に洩れがあるか否かを検査する場合は被検査体と第 1 治具及び

10

20

30

40

50

被検査体と第 2 治具間の各第 1 温度差及び第 2 温度差を各被検査体毎に測定し、この測定された第 1 温度差及び第 2 温度差にドリフト補正係数  $K_1$ 、 $K_2$  を乗算して各検査時におけるドリフト補正值  $Tax = a_{1,1} \cdot K_1 + a_{2,1} \cdot K_2$  を求めることを特徴とする洩れ検査におけるドリフト補正值算出方法を提案する。

【0009】この発明の請求項 3 では、被検査体の開口部を閉塞する第 1 治具及び第 2 治具と、第 1 治具と被検査体との間及び第 2 治具と被検査体との間の第 1 温度差  $a_{1,1}$  及び第 2 温度差  $a_{2,1}$  を測定する温度測定手段と、この温度測定手段で測定した第 1 温度差  $a_{1,1}$  及び第 2 温度差  $a_{2,1}$  のそれぞれにドリフト補正係数  $K_1$ 、 $K_2$  を乗算し、ドリフト補正值  $Tax = a_{1,1} \cdot K_1 + a_{2,1} \cdot K_2$  を算出する演算手段と、被検査体に印加した気体の圧力変化を測定する圧力変化測定手段と、この圧力変化測定手段が測定した圧力変化値からドリフト補正值  $Tax$  を減算し、その差の値を算出する減算手段と、この減算手段の減算結果が所定値より大きいか否かを比較し、大きい場合を洩れ有り、小さい場合を洩れ無しと判定する判定手段と、によって構成した洩れ検査装置を提案する。

【0010】

【作用】この発明の洩れ検査用ドリフト補正係数生成方法によれば被検査体において熱エネルギーが多量に移動する部分の温度差に着目したから、この温度差がドリフト発現現象の理由の説明によく一致し、これがために再現性が良く、環境の変化に対して正確なドリフト補正を施すことが可能なドリフト補正係数及びドリフト補正值を得ることができる。

【0011】従って、このドリフト補正係数及びドリフト補正值を利用して動作する洩れ検査装置は環境の変化に対しても安定に動作し、信頼性の高い洩れ検査装置を提供することができる利点が得られる。

【0012】

【発明の実施の形態】図 1 にこの発明による洩れ検査装置の一実施例を示す。この洩れ検査装置によればこの発明による洩れ検査用のドリフト補正係数生成方法を実行することができる。またこのドリフト補正係数生成方法で生成したドリフト補正係数により洩れ検査時に必要なドリフト補正值を算出する動作も実行することができる。図中 W は被検査体（以下ワークと称す）を示すワーク W は基台となる第 1 治具 1 の上に載置され、オーリングのようなシール部材 C C で気密を保持される。ワーク W の上部側の開口には第 2 治具 2 が搭載され、ワーク W の上部側の開口部を閉塞する。この場合も第 2 治具 2 に装着されたシール部材 C C で気密を保持して閉塞する。

【0013】ワーク W は例えばエンジンのシリンダブロック或いはガス器具の部品等各種の製品が適用される。エンジンのシリンダブロックのように形状が大きい場合は中子 14 を挿入し、ワーク W 内の内容積を可及的に小

さくするように配慮される。第 2 治具 2 には空気の入出口 2 A が設けられ、この入出口 2 A に配管 15 が連通される。配管 15 には圧力計 16 と、電磁弁 17 と、3 方電磁弁 18 と、調圧弁 19 を通じて空圧源 20 が接続される。調圧弁 19 を調整して圧力計 21 の指示に従ってワーク W に印加する空気圧を設定する。

【0014】3 方電磁弁 18 を a-b 間を開放状態に制御し、電磁弁 17 を開くことによりワーク W に空気圧を印加することができる。ワーク W に空気圧を印加した後で電磁弁 17 を閉じることにより、ワーク W に空気圧を密封することができる。この密封した空気圧を圧力計 16 で測定することにより所定の時間に渡って一定値を維持すれば洩れなしと判定することができる。然し乍ら一般的にはワーク W と第 1 治具 1 及び第 2 治具 2 の温度に対応して空気圧が変動（ドリフト）し、あたかも洩れが有るかの如く挙動する場合が一般的である。

【0015】このため、この発明では第 1 治具 1 とワーク W との間の温度差、第 2 治具 2 とワーク W との間の温度差を測定する温度センサ 3 と 4 を設け、この温度センサ 3 と 4 で検出したワーク W の温度と第 1 治具 1 との間の温度差を第 1 温度差測定器 5 で測定し、第 2 治具 2 とワーク W との間の温度差を第 2 温度差測定器 6 で測定する構造を設けた点と、さらに、これらの第 1 温度差測定器 5 と第 2 温度差測定器 6 で測定した各温度差と圧力計 16 で測定した圧力変化値  $a_1$ 、 $a_2$  とによってドリフト補正係数  $K_1$  と  $K_2$  を生成するドリフト補正係数生成手段 7 を設けた点と、このドリフト補正係数生成手段 7 で生成したドリフト補正係数  $K_1$  と  $K_2$  によって、各ワーク毎にドリフト補正值  $Tax$  を求めるドリフト値演算手段 8 を設けた構成とした点に特徴を有するものである。これらドリフト補正係数生成手段 7 とドリフト値演算手段 8、減算手段 9、判定手段 10 はコンピュータシステム 11 によって構成される。

【0016】温度センサ 3 と 4 の一例を図 2 に示す。図 2 では第 1 治具 1 側に装着した温度センサ 3 の構造を示す。第 1 治具 1 のワーク W と接触する面に穴 H を形成し、この穴 H の内部にセンサホルダ 13 を装着する。センサホルダ 13 は軸心に貫通孔 13 A を有し、この貫通孔 13 A の両端に温度センサ S1、S2 を装着して支持させる。温度センサ S1、S2 は貫通孔 13 A の両端に露出して配置し、温度センサ S1 は第 1 治具 1 に接触して第 1 治具 1 の温度を測定する。またセンサ S2 は貫通孔 13 A の上端側に露出して配置される。これらセンサ S1 と S2 は貫通孔 13 A の内部で樹脂材或いは接着剤等でセンサホルダ 13 に固定される。またセンサホルダ 13 も接着剤等で穴 H 内に固定される。

【0017】温度センサ S2 は第 1 治具 1 の表面と面一に配置され、その上にワーク W を搭載すると、ワーク W がセンサ S2 に接触し、ワーク W の温度を測定する。尚、センサ S2 の表面には保護のための銅のような熱伝

導率の高い材質の金属板等を配置し、この金属板を介してワークWに接触するように構成することもできる。第2治具2側にも同様の構造で温度センサ4を配置する。尚、図2では温度センサ3と4が第1治具1と第2治具2に埋め込まれ、これら温度センサ3と4により第1治具1とワークWとの間の温度差及び第2治具2とワークWとの間の温度差を測定したが、図3に示すように接触式の温度センサ33、34、44によってそれぞれ独立して第1治具1と第2治具2の温度及びワークWの温度をそれぞれ測定し、これらの温度差を第1温度差測定器5と第2温度差測定器6で求めるように構成することもできる。また、この場合、ワークWの温度は上下方向のほぼ中央位置の温度を測定し、この中央位置の温度をワークWの温度として取り込むように構成した場合を示す。このように構成しても、図2の場合とほぼ同等の温度補正を施すことができる。

【0018】この発明によるドリフト補正係数 $K_1$ 、 $K_2$ は次式で求められる。

【0019】

【数1】

$$K_1 = \frac{a_1}{a_{r1}} - \frac{a_1 a_{r2} - a_2 a_{r1}}{a_{r1} a_{r2} - a_{r2} a_{r1}} \times \frac{a_{r12}}{a_{r1}}$$

$$K_2 = \frac{a_1 a_{r2} - a_2 a_{r1}}{a_{r1} a_{r2} - a_{r2} a_{r1}}$$

【0020】 $a_{r1}$ ：第1治具1の温度が常温 $\theta_{r10}$ であるときのワークWの温度 $\theta_{r10}$ との温度差 $\theta_{r10} - \theta_{r10}$ 。

$a_{r11}$ ：第2治具1の温度が常温 $\theta_{r10}$ であるときのワークWの温度 $\theta_{r10}$ との温度差 $\theta_{r10} - \theta_{r10}$ 。

$a_{r1}$ ：第1治具1の温度が常温以外の温度 $\theta_{r1}$ であるときのワークWの温度 $\theta_{r1}$ との温度差 $\theta_{r1} - \theta_{r1}$ 。

$a_{r11}$ ：第2治具2の温度が常温以外の温度 $\theta_{r11}$ であるときのワークWの温度 $\theta_{r1}$ との温度差 $\theta_{r11} - \theta_{r1}$ 。

$a_1$ ：第1治具1とワークWとの温度差が $a_{r1}$ 、第2治具2とワークWとの温度差が $a_{r11}$ における圧力変化測定値、

$a_2$ ：第1治具1とワークWとの温度差が $a_{r1}$ 、第2治具2とワークWとの温度差が $a_{r11}$ における圧力変化測定値、

で求めることができる。ドリフト補正係数 $K_1$ と $K_2$ の式の導出方法については後に説明する。

【0021】ドリフト補正係数生成手段7は第1温度差

$$Q(\text{mL/s}) = V_e \times \frac{\Delta P}{P_0} \times \frac{1}{T_3}$$

【0026】 $Q(\text{mL/s})$ ：ワークの洩れ穴を通して大気圧 $P_0$ に洩れる単位時間当たりの気体の体積

$P_0$ ：大気圧

$V_e$ ：等価内容積（テストとワークの空隙内容積を

測定器5と第2温度差測定器6が測定した温度差 $a_{r1}$ 、 $a_{r11}$ 、 $a_{r1}$ 、 $a_{r11}$ と、圧力変化測定値 $a_1$ 、 $a_2$ を取り込んでドリフト補正係数 $K_1$ 、 $K_2$ を生成する。ドリフト補正係数 $K_1$ と $K_2$ が求められることにより、検査モードに入ることができる。検査モードでは各ワークWに空気圧を印加し、電磁弁17を閉じて空気圧を密封すると同時に各ワークW毎に第1治具1とワークWとの温度差 $a_{r1}$ と第2治具2とワークWとの間の温度差 $a_{r11}$ を測定するドリフト値演算手段8はこの温度差 $a_{r1}$ と $a_{r11}$ におけるドリフト補正值 $Tax$ を

$$Tax = K_1 \cdot a_{r1} + K_2 \cdot a_{r11}$$

により算出する。

【0022】これと同時に圧力計16の圧力変化値 $a_{r1}$ を取り込み、減算手段9で $A = a_{r1} - Tax$ を求める。判定手段10Aの値が設定値Cより大きいかな否かを比較し、 $A > C$ であれば洩れ有り、 $A < C$ であれば洩れ無しと判定し、その判定結果を表示器12に表示する。図4に洩れの無いワークWを用いてドリフト補正係数 $K_1$ 、 $K_2$ を求め、このドリフト補正係数 $K_1$ 、 $K_2$ を使ってドリフト補正した実測例を示す。この実測値から明らかにように、ドリフト補正值 $Tax$ は測定値 $a$ とよく一致し、ドリフト補正が正しくはたっていることが解る。

【0023】図5はワークWの変形例を示す。図5に示すワークWは開口部が一面のみの例を示す。この場合も、第1治具1はワークWと接触するため、この接触部分で熱エネルギーが移動するから、図1に示したワークWと同様に第1治具1とワークWとの間の温度差第2治具2とワークWとの間の温度差を測定し、ドリフト補正係数 $K_1$ 、 $K_2$ を求めることによりドリフト補正を行うことができる。図6は差圧式の洩れ検査装置にこの発明を適用した場合を示す。この場合、マスタタンクMSは必ずしもワークWの内容積と同じ内容積である必要がなく、マスタタンクMSとワークWとの間の差圧変化を差圧計16Aで測定し、その差圧変化値 $a_{r1}$ 、 $a_{r11}$ 、 $a_{r1}$ 、 $a_{r11}$ とによってドリフト補正係数 $K_1$ 、 $K_2$ を求めればよい。

【0024】以上によりこの発明の実施例の説明を終了する。以下では上述したドリフト補正係数 $K_1$ 、 $K_2$ を求めるための数式の導出過程を説明する。

(1) ワークに気体（空気）を封入して洩れ量を計算する式について

【0025】

【数2】

$$\dots\dots\dots(1)$$

含む総等価内容積)

$\Delta P$ ：洩れ検出時における発生差圧

$T_1$ ：洩れ検出時間

(1) 式はボイルの法則  $P \cdot V = \text{const.}$  から導

かれた式である。

### (II) 分子運動論から理想方程式の導出

熱力学では、いわゆる理想気体の状態方程式  $PV = RT$  (1 mol 当り) を基礎にしているが、この理論は、温度、圧力、体積というマクロ的な平衡状態にある物理量の経験則を表わしている。従って、なぜ状態方程式がこのような形に表わせるか説明していない。

【0027】また、熱平衡状態を扱っているため、ワークに封入された気体分子がどのようにして安定するか説明できない。気体の温度安定もまた、分子運動論から説明ができる。まず気体の状態方程式と分子運動論の関係

$$P = \frac{1}{6L^3} \times \sum_{i=1}^N 2m_i v_i \times \frac{v_i}{L} = \frac{2}{3V} \times \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} m_i v_i^2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

ただし、添字  $i$  は分子番号、 $V = L^3$  は体積、また

$$U = \sum_{i=1}^N \epsilon_i = N \epsilon \quad \dots\dots\dots(3)$$

【0030】 $U$  は気体の内部エネルギー、 $\epsilon$  は分子の平均エネルギー従って、(2) 式は

$$PV = \frac{2}{3} N \epsilon \quad \dots\dots\dots(4)$$

理想気体の状態方程式  $PV = RT$  (1 mol 当り) と比較すると

$$\epsilon = \frac{3}{2} \times \frac{R}{N} \times T = \frac{3}{2} K T \quad \dots\dots\dots(5)$$

### 【0033】 $K$ はボルツマン定数

(5) 式は、気体の温度は分子の平均運動エネルギーのみの関数であることを示している。この式を導くために、分子が熱平衡にあると仮定した。平衡状態とは、時間的変化がないことであるが、分子運動論で考えれば、気体分子が壁面と衝突によるエネルギーの授受がバランスして、一定の速度分布になること、気体分子の運動エネルギーの総和が変わらないこと、つまり気体分子の平均速度が変わらないことを意味している。

【0034】では、加圧直後はどうなるだろうか？ワーク  $W$  の温度と同じ常温の気体圧を加えると、加圧されたワーク  $W$  の気体密度は大きくなり、ジュール・トムソン効果によって、ポテンシャルエネルギーの一部が運動エネルギーに変わるため、瞬間的に内部温度が高くなる (この考察は後で述べる)。この状態は、気体の速度分布も広がり、平均温度も上昇し、周囲 (ワーク内面、中子、シール治具表面) と熱交換を行い、定常状態 (安定状態) の温度と速度分布に戻る過程を取る。

### (III) ワークに気体圧を印加することによるワーク内の気体の温度変化

非常に内容積が大きいタンク (温度  $T_0$ 、圧力  $P_0$ ) から、内容積  $V_0$  の小さいタンク (最初は温度  $T_0$ 、圧力  $P_0$ ) に気体圧を供給したら、小さいタンクの温度はどのように変化するだろうか？この過程はジュール・トムソ

を調べてみる。ここで扱う気体は単純化のため、理想気体と仮定し、気体分子の相互作用は弾性衝突とみなし、分子間力は充分小さく無視できるものとする。図 7 に示す一方の長さが  $L$  の立方体中に  $N$  個の分子が熱平衡状態にあるとすれば、分子が壁面と弾性衝突を繰り返すことによる圧力は (圧力とは単位時間に単位面積に及ぼす力であり、力とは単位時間当たりの運動量変化であるから)

【0028】

【数 3】

【数 4】

【0031】

【数 5】

【0032】

【数 6】

ン効果に従って、気体分子のポテンシャルエネルギーと運動エネルギーの変換が行われ、 $P_1 > P_0$  であれば、小さいタンク (ワーク) の圧力は上昇し、やがて、 $T_1$  になり、タンク内部の気体の温度も上昇して  $T_0$  から  $T_1$  に上昇するだろう。

【0035】この過程をわかりやすく図に描いたらどうなるだろうか？物理法則を説明するだけだからこの過程を図 8 のように大胆に仮定したらどうだろうか。小さいタンクに気体が断熱的に加圧された状態は、図 8 のような模型を組み立てても同じであろう。図 8 では、外力が加わらない限り絶対に太い矢印で示す方向には変化しないが、実際のタンクに圧力が供給される過程では圧力差があり、小さいタンク (ワーク) に気体圧が供給されるのである。それゆえに、図 8 においても外部から力が加わって圧縮されたと考えることもできる。

【0036】しかし、この過程は絶対真空では成立しない。絶対真空はいわば特異点に相当するからである。ここで、小さいタンク (ワーク) の初期圧力を  $P_0$ 、初期温度を  $T_0$  とする。図 8 のように断熱加圧されたときの内部温度が  $T_1$  に変化したとする。この関係は断熱圧縮の式がそのまま利用できるから

【0037】

【数 7】

$$\frac{T_x}{T_o} = \left( \frac{P_1}{P_o} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \quad \dots\dots\dots(6)$$

【 0 0 3 8 】

【 数 8 】

$$T_x = \left( \frac{P_1}{P_o} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \times T_o \quad \dots\dots\dots(7)$$

【 0 0 3 9 】 ここで、 $\kappa$  は気体の比熱比であり、 $\kappa = C_p / C_v$ 、空気の場合は  $\kappa = 1.4$  である。

(IV) 断熱圧縮により上昇した気体温度が冷却していき過程

ワーク内の気体の温度は (7) 式に従い、温度上昇するが、気体の熱容量はワークの熱容量に比べ遥かに小さいため、この冷却の過程におけるワークの温度変化よりも気体の温度変化の方が遥かに大きく、短時間リークテストの過程においては、気体の温度変化による圧力変化を計測することになる。

【 0 0 4 0 】 我々は、温度が高いワークにおいて、加圧、安定時間を充分かけたリークテストではワークに洩れが無ければ圧力変化は極めて小さくなることを経験している。短時間リークテストでは、断熱圧縮によって上昇した気体の温度がワークの表面温度に等しくなっていく過程での洩れ計測であり、この過程はニュートンの冷却の法則に従う。

$$d\theta = \frac{dq}{C} \propto (\Theta - \theta) dt \quad \dots\dots\dots(8)$$

従って

【 0 0 4 3 】

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{h}{C} (\Theta - \theta) = k(\Theta - \theta) \quad \dots\dots\dots(9)$$

【 0 0 4 4 】  $h$  : 比例定数 (ワーク内表面積、形状、寸法に関する定数。)

$K$  : 比例定数

(9) 式によれば気体の温度変化は、比例定数  $k$  を介して、ワーク内温度と気体温度差に等しい関係を表わしている。気体の場合、熱量を伝達するのが同じ気体なの

$$\frac{dt}{\Theta - \theta} = k dt \quad \dots\dots\dots(10)$$

【 0 0 4 6 】 (10) 式を積分すると

$$\ln(\Theta - \theta) = -kt + C_1$$

$t = 0$  のとき  $\theta = \theta_0$  とすると、積分定数  $C_1$  は  $C_1 = 1$

$$\Theta - \theta = (\Theta - \theta_0)e^{-kt} \quad \dots\dots\dots(11)$$

【 0 0 4 8 】 ボイルシャルルの法則より、 $PV\theta = R$  であるから

$$P = \frac{R}{V} \left[ \Theta - (\Theta - \theta_0)e^{-kt} \right] \quad \dots\dots\dots(12)$$

ワーク内圧変化は (27) 式を時間  $t$  で微分することで あるから

【 0 0 4 1 】 ニュートンの冷却の法則によれば、「物体が放射によって失う熱量は、その物体と周囲との温度差に比例する。」(理化学辞典による)

断熱過程では、加圧された気体の温度上昇と、ワーク内面の温度差に比例する熱量が、ニュートンの冷却の法則によって温度上昇した内部気体からワーク内面に熱量移動が生じる。ニュートンの冷却の法則をワーク内気体温度に適用すれば、「ワーク内面温度  $\Theta^\circ$  の中に温度  $\theta^\circ$

(平均温度) の気体があると、気体が微小時間  $dt$  に得る熱量  $dq$  は、微小時間  $dt$  及び温度差  $(\Theta - \theta)$  に比例する」

熱量  $dq$  を得て気体の温度が  $d\theta$  だけ上昇するとすれば、 $Cd\theta = dq$  ( $C$  : 気体の熱容量) が  $dt$  及び  $(\Theta - \theta)$  に比例するので

【 0 0 4 2 】

【 数 9 】

【 数 1 0 】

で、気体の温度が変わることにより、 $k$  値も変化する。しかし、ここでは式の単純化のため  $k$  は一定とする。

(9) 式から

【 0 0 4 5 】

【 数 1 1 】

40  $n(\Theta - \theta_0)$  より

【 0 0 4 7 】

【 数 1 2 】

【 0 0 4 9 】

【 数 1 3 】

【0050】

$$\frac{dP}{dt} = \frac{Rk(\Theta - \theta_0)}{V} e^{-\kappa t} \quad \dots\dots\dots(13)$$

【0051】 (V) 気体の断熱変化とワークの洩れが重なるとき

(13) 式は、洩れが無いときのワーク内圧変化を表わす式であるが、洩れによる圧力変化を  $dp/dt = C_0$

$$\begin{aligned} \frac{dP}{dt} &= A e^{-\kappa t} + C_0 \\ A &= \frac{Rk(\Theta - \theta_0)}{V} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(14)$$

【0053】 (14) 式より、内圧の時間微分は、右辺の第1項にワーク温度のよる減衰項と第2項に、洩れによる一定項で表わされることを示している。(14) 式を差分形 (一定の検出時間による内圧変化) で表せば、

$$\begin{aligned} \Delta P_{T_1} &= B(1 - e^{-\kappa T_1}) + C_0 T_1 \\ B &= \frac{R(\Theta - \theta_0)}{V} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(15)$$

【0055】 (15) 式の右辺第1項は一定時間  $T_1$  におけるワーク温度による圧力変化成分、第2項は検査時間  $T_1$  に比例して増加する洩れ成分を表している。

(VI) ワーク温度とシール治具温度が異なるときの熱量移動による内圧への影響

実験によれば、ある安定時間において、大部分のワークは断熱変化による圧力変化は、ワーク温度にはあまり関係なく一定の圧力変化になる (長い時間をかければ当然圧力変化はなくなるが) 時間が存在する。この原因は、ワークが冷たいとワーク内圧力変化特性において、初期の圧力変化も大きいが減衰する傾向も大きいという理由からである。

【0056】 しかし、ワーク温度とシール治具温度が異なる場合は、共に熱量と熱伝達が大きいので、気体によるリークテストの精度を悪くする最大の原因はこの温度の違い、つまり、ワークとシール治具の接触による熱量の移動が大きいことによる。例として、ワークの熱的安定が早く、従って断熱変化の影響が早く終息する場合について検討してみよう。この場合は、封入された気体は速やかにワーク温度になるが、最初、ワークはシール治具温度よりも高く (または低く)、シール治具温度は変わらないがワークとシール治具間に接触面を通して熱エ

$$\frac{dP}{dt} = A_0 e^{-\kappa_0 t} + A_1 e^{-\kappa_1 t} + A_2 e^{-\kappa_2 t} + A_3 e^{-\kappa_3 t} \quad \dots\dots\dots(16)$$

【0060】 右辺第4項  $A_3 e^{-\kappa_3 t}$  は、例えばワークを取り巻く気体の影響、または側面のシール治具の影響としても考えられるが、ここでの議論では影響が極めて小さいとみなし、無視する。

【0061】

【数14】

とし、 $Rk(\Theta - \theta_0)/V = A$  とおけば (13) 式は

【0052】

【数15】

$T_1$  時間の差圧変化は

【0054】

【数16】

エネルギーの移動が行われ、ワーク温度は次第に治具温度になっていく。

【0057】 同様に、ワーク温度はワーク内気体温度と同じであるから (14) 式、あるいは (15) 式がそのまま成立する。ワークとシール治具の温度差によるワーク内圧変化への影響は、熱量の移動が大きい、すなわち内圧変化に与える影響が大きいことと、ワークの熱容量が大きいため減衰に時間が非常にかかることである。実際のリークテストにおいては、ワークの温度影響が、シール治具にも影響を与え、シール治具の温度を常に一定に保つことを難しくさせている。ワークとシール治具温度が異なる複合的な影響があるときの温度補正はこの発明によって開発された新しい補正技術である。

【0058】 (14) 式も (15) 式も内容は同じなので、簡単に表現される (14) 式の微分式にて、ワークと治具の影響を考察してみよう。治具とワークの熱量移動も内部気体圧力には圧力の減衰として影響を与えるから (ここでは温度ドリフトの影響のみを考察しており、洩れは無いものとする)

【0059】

【数17】

【数18】



$$A_0 = \frac{R k_0 (\theta_{r_0} - \theta_0)}{V}$$

$$A_1 = \frac{R k_1 (\theta_{r_1} - \theta_{r_0})}{V}$$

$$A_2 = \frac{R k_2 (\theta_{r_2} - \theta_{r_0})}{V}$$

【0062】 $\theta_{r_0}$ ：ワークの計測初期温度

$\theta_0$ ：内部気体の計測初期温度

$\theta_{r_1}$ ：下部シール治具計測初期温度

$\theta_{r_2}$ ：上部シール治具計測初期温度

$k_0$ ：気体の熱容量とワークの形状、材質、寸法に関する比例定数

$k_1$ ：ワークの熱容量と下部治具接触面積、材質、形状

$$\frac{dP}{dt} = A_0 + A_1 + A_2$$

【0065】ワーク、治具とも常温では(17)式は一定の値になるか(ある安定時間においてワーク温度には関係なく圧力変化値が一定になる時間が存在する)、ほぼゼロになるだろう。すなわち $A_0$ 、 $A_1$ 、 $A_2 = 0$ ここでの議論は常温状態では(17)式は零とする。 $t = 0$ において、(16)式は(17)式のように単純になり、

$$K = k \times \frac{R}{V}$$

【0067】下部シール治具、上部シール治具とも常温で、このときのそれぞれの温度を

下部シール治具温度： $\theta_{r_1}$

上部シール治具温度： $\theta_{r_2}$

$$a_{r_1} = \theta_{r_0} - \theta_{r_1}$$

$$A_{r_1} = K_1 \times a_{r_1}$$

【0069】

$$a_{r_2} = \theta_{r_0} - \theta_{r_2}$$

$$A_{r_2} = K_2 \times a_{r_2}$$

【0070】上記条件における(17)式の結果が $a_1$ だったとしよう。すると(17)式は

$$a_1 = K_1 \cdot a_{r_1} + K_2 \cdot a_{r_2} \dots (18)$$

あるワーク温度において、治具温度も上昇し、定常な流れの状態にあるとき

$$a_{r_1} = \theta_{r_1} - \theta_{r_0}$$

$$A_{r_1} = K_1 \times a_{r_1}$$

$$a_{r_2} = \theta_{r_2} - \theta_{r_0}$$

$$A_{r_2} = K_2 \times a_{r_2}$$

【0072】(17)式の結果が $a_1$ だったとしよう。すると(17)式は

$$a_2 = K_1 \cdot a_{r_1} + K_2 \cdot a_{r_2} \dots (21)$$

に関する比例定数

$k_1$ ：ワークの熱容量と上部治具接触面積、材質、形状に関する比例定数

(16)式は、ニュートンの冷却の式から導かれる、治具温度の影響を考慮した一般式である。(16)式の右辺の第1項は、ワークと内部気体の断熱変化の減衰項を表し、第2項は下部シール治具とワークによる内部気体に及ぼす減衰項を表し、第3項は上部シール治具とワークによる内部気体に及ぼす減衰項を表している。

10 【0063】計測の初期において、すなわち $t = 0$ では(16)式は簡単になり

【0064】

【数19】

.....(17)

ワーク温度と治具温度の減衰特性は穏やかなものであるから、大部分のワークにおいて検出時間のある程度とっても式の上では $t = 0$ としても問題はない。また $R/V = \text{const.}$ であるから

20 【0066】

【数20】

.....(18)

ワーク温度： $\theta_{r_0}$

【0068】

【数21】

.....(19)

【数22】

.....(20)

下部シール治具温度： $\theta_{r_1}$

上部シール治具温度： $\theta_{r_2}$

ワーク温度： $\theta_{r_0}$

【0071】

【数23】

.....(19)

.....(20)

(18)、(19)式より

【0073】

【数24】

$$K_2 = \frac{a_1 a_{T_2} - a_2 a_{T_1}}{a_{T_1} a_{T_2} - a_{T_2} a_{T_1}} \dots\dots\dots (22)$$

$$K_1 = \left[ \frac{a_1}{a_{T_1}} - \frac{a_1 a_{T_2} - a_2 a_{T_1}}{a_{T_1} a_{T_2} - a_{T_2} a_{T_1}} \times \frac{a_{T_1}}{a_{T_1}} \right] \dots\dots\dots (23)$$

【0074】(17)式の結果が任意の温度のワークに対し、 $T_{ax}$ 、 $K_1$ に対応するワークと下部シール治具の温度差を $a_{T_{11}}$ 、また $K_1$ に対応するワークと上部シ-

ル治具の温度差を $a_{T_{11}}$ と表せば

【0075】

【数25】

$$T_{ax} = \left[ \frac{a_1}{a_{T_1}} - \frac{a_1 a_{T_2} - a_2 a_{T_1}}{a_{T_1} a_{T_2} - a_{T_2} a_{T_1}} \times \frac{a_{T_1}}{a_{T_1}} \right] \times a_{T_{1x}} + \frac{a_1 a_{T_2} - a_2 a_{T_1}}{a_{T_1} a_{T_2} - a_{T_2} a_{T_1}} \times a_{T_{2x}} \dots\dots\dots (24)$$

【0076】(24)式において、 $a_{T_{11}}$ と $a_{T_{11}}$ が等しくかつ校正時のデータ採取において $a_{T_{11}}/a_{T_1}=1$ の条件において、式は簡単になり

【0077】

【数26】

$$T_{ax} = \frac{a_1}{a_{T_1}} \times a_{T_{1x}} \dots\dots\dots (25)$$

$a_{T_1} = a_{T_{11}}$ のみが等しいときは

【数27】

【0078】

$$T_{ax} = \frac{a_1}{a_{T_1}} \times a_{T_{1x}} - \frac{a_1 a_{T_2} - a_2 a_{T_1}}{a_{T_1} a_{T_2} - a_{T_2} a_{T_1}} \times (a_{T_{1x}} - a_{T_{2x}}) \dots\dots\dots (26)$$

【0079】(25)、(26)式は(24)式の特解でもあるが、最初の比例定数 $K$ を求めるときに条件を明確にしておけば、特殊解を得ることは容易である。クランプシール治具による温度影響を補正するためには、先ず、クランプシール治具が常温であるところへ、温度の比較的高い洩れも無いワークでデータを採取し、次に、ワークが流れている定常状態(ワーク温度が上昇、治具温度上昇)において同様に洩れのないワークでデータを採取することにより、 $K_1$ 、 $K_2$ というドリフト補正

【図4】図1に示した実施例を用いてドリフト補正した実測例を示す図。

【図5】この発明の変形実施例を説明するためのブロック図。

【図6】この発明の更に他の変形実施例を説明するためのブロック図。

【図7】この発明のドリフト補正係数を求める説明に供する図。

【図8】図7と同様の図。

【符号の説明】

1	第1治具
2	第2治具
3、4	温度センサ
5	第1温度差測定器
6	第2温度差測定器
7	ドリフト補正係数生成手段
8	ドリフト値演算手段
9	減算手段
10	判定手段
11	コンピュータシステム
CC	シール部材
12	表示器
13	センサホルダ
14	中子
15	配管
16	圧力計
16A	差圧計
17、17A、17B	電磁弁
18	3方電磁弁

【0080】以上によりドリフト補正係数 $K_1$ 、 $K_2$ を求めるための式の導出過程が理解されよう。

【0081】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によればワーク $W$ で最も熱移動が激しい部分の温度差を測定し、その温度差からドリフト補正係数 $K_1$ 、 $K_2$ を求め、このドリフト補正係数 $K_1$ 、 $K_2$ を用いてドリフト補正を行うドリフト補正方法を採用から、ワーク $W$ の広い温度変化に対しても正しくドリフト補正を施すことができる。このドリフト補正方法を適用することにより、信頼性の高い洩れ検査を行うことができる利点が得られる。

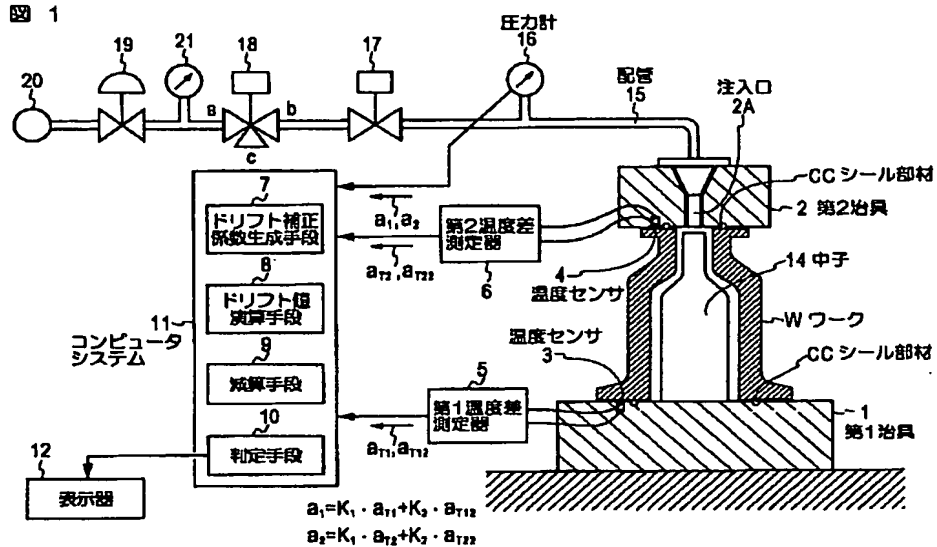
【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例を説明するためのブロック図。

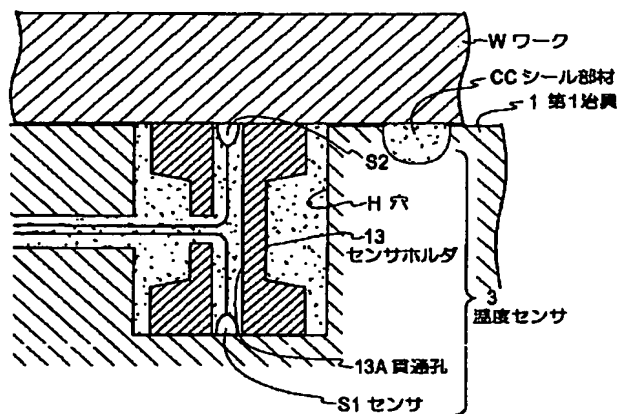
【図2】図1に示した実施例に用いた温度センサの一例を説明するための断面図。

【図3】図2に示した実施例と異なる実施例を説明するための図。

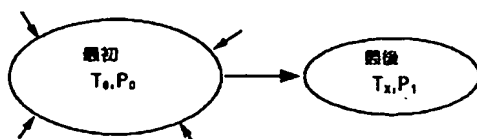
**1**



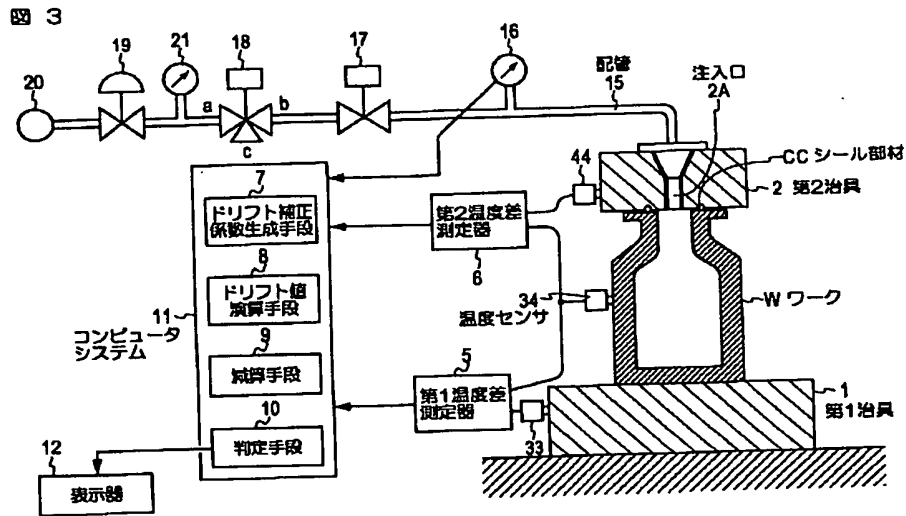
**图 2**



**8**



【図 3】



【図 4】

図 4

実験結果

ワーク温度 °C	下部シール部温度 °C	上部シール部温度 °C	$\Delta$ リーク差圧	$\theta_{T1X}$	$\theta_{T2X}$	計算による $T_{ax}$	$\theta - T_{ax}$	備考
35.3	23.3	22.7	4.3	-12.0	-12.8	4.3	0	データ採取
						*4.3	0	
38.9	23.7	23.7	5.7	-15.2	-16.2	5.7	0	
						*5.4	0.3	$k1=-0.230$
45.5	24.4	27.8	7.2	-21.1	-17.9	7.0	0.2	$k2=-0.122$
						*7.6	-0.4	
41.3	24.9	28.8	5.3	-16.4	-12.5	5.3	0	データ採取
						*5.9	-0.6	
40.0	25.2	29.4	4.5	-14.8	-10.6	4.7	-0.2	
						*5.3	-0.8	

注：\*印は33.3°Cのワーク温度を基準としてワーク温度と下部シール部温度から求めた計算値である

【図 7】

図 7

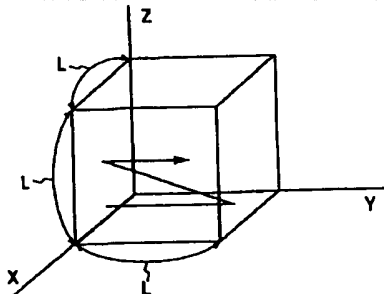


图 5

